



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Medicina Veterinaria
Escuela Académico Profesional de Medicina Veterinaria

**Efecto de la suplementación con diferentes niveles de
butirato de sodio en dietas para cuyes (*Cavia porcellus*)
de engorde sobre el comportamiento productivo**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Médico Veterinario

AUTOR

Isabel Arizay GUZMÁN GUERREROS

ASESOR

Fernando Demetrio CARCELÉN CÁCERES

Lima, Perú

2015



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Guzmán I. Efecto de la suplementación con diferentes niveles de butirato de sodio en dietas para cuyes (*Cavia porcellus*) de engorde sobre el comportamiento productivo [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria, Escuela Académico Profesional de Medicina Veterinaria; 2015.

Hoja de metadatos complementarios

Código ORCID del autor	https://orcid.org/0000-0003-4023-7240
DNI o pasaporte del autor	70430605
Código ORCID del asesor	https://orcid.org/0000-0002-1299-1679
DNI o pasaporte del asesor	07933087
Grupo de investigación	“—”
Agencia financiadora	País de la agencia financiadora Nombre y siglas de la agencia financiadora Nombre del programa financiero Número de contrato
Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación	Lugar (obligatorio). Perú, Junín, Jauja, El Mantaro, Carretera Central Km 34 Margen Izquierda. Coordenadas geográficas (obligatorio). Latitud: -11.83279207648711 Longitud: -75.39559711184182
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2013 - 2015
Disciplinas OCDE	Ciencias agrícolas http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#4.00.00



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO VETERINARIO

En el auditorio principal de la Facultad de Medicina Veterinaria, el día **jueves 03 de diciembre de 2015**, a las **12:00 horas**, se constituyó el Jurado Examinador designado mediante Resolución Directoral N° **149-EAPMV/FMV-2015**, integrado por los siguientes profesores:

MIGUEL ANGEL ARA GÓMEZ	Presidente del Jurado
FERNANDO CARCELÉN CÁCERES	Asesor de la Tesis
JUAN OLAZABAL LOAYZA	Miembro del Jurado
RONALD JIMÉNEZ ALIAGA	Miembro del Jurado

Luego de la instalación del Jurado, a cargo del Presidente del Jurado y bajo la dirección del mismo, la Bachiller Doña **GUZMÁN GUERREROS, ISABEL ARIZAY**, para optar el Título Profesional de Médico Veterinario, procedió a sustentar públicamente la Tesis:

"EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON DIFERENTES NIVELES DE BUTIRATO DE SODIO EN DIETA PARA CUYES (*Cavia porcellus*) DE ENGORDE SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO"

Luego de absolver las preguntas del Jurado y del público asistente, el Jurado deliberó con la abstención reglamentaria del Asesor de la Tesis y acordó su **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD**, otorgándole la nota de **DIECISIETE (17)**.

Habiéndose aprobado la sustentación pública de la Tesis, el Presidente en representación del Jurado recomienda que la Escuela Académico Profesional de Medicina Veterinaria proponga la aprobación del **TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO VETERINARIO** a la Facultad de Medicina Veterinaria y que ésta proponga al Rectorado el otorgamiento respectivo.

Siendo las **13:10 horas**, concluyó el acto académico de sustentación pública de Tesis en fe de lo cual suscriben la presente acta por cuadruplicado los integrantes del Jurado:

.....
Miguel Angel Ara Gómez: PhD. Prof. Principal; D. E.

.....
Fernando Carcelén Cáceres: Mg. Prof. Principal, D.E.

.....
Juan Olazábal Loaiza: Mg. Prof. Asociado, T.C.

.....
Ronald Jiménez Aliaga: Mg. Prof. Asociado, D.E.



AGRADECIMIENTOS

A mi mamá Marta, quien me apoya incondicionalmente y que desde el ejemplo me enseñó a lograr cada objetivo mediante trabajo constante sin rendirme en el camino, por los valores, la dedicación y la paciencia que dieron como resultado la persona que soy.

A mi mamá Rosa, por el cariño, por el apoyo constante y especialmente, por haber sido pilar determinante en mi crecimiento y formación.

A mi Mitzy, mi gata, por todas las noches de desvelo que pasó a mi lado en toda la etapa universitaria.

A mi familia de casa, por haber aportado la motivación del día a día para la realización profesional.

A Diego, por haber sido incondicional en todo el desarrollo de este proyecto, por la disposición a ayudarme siempre que lo necesité y por haberme compartido las palabras de impulso adecuadas en los momentos precisos.

A Fernando C., mi guía en el desarrollo de la tesis y amigo, por la paciencia, la amabilidad, por todo el apoyo durante esta etapa, las conversaciones y consejos de siempre.

A mis amigos del IVITA del Mantaro, por la ayuda y apoyo durante el desarrollo de este proyecto.

A mis amigas y amigos, Sandra, Willy, Cynthia, Bernardo y Javier, por haber hecho más divertida y anecdótica toda la etapa experimental de esta tesis.

A mis amigas y amigos del SENASA, especialmente a los de Insumos Pecuarios, quienes fueron piezas clave dándome el empuje y motivación para completar esta primera etapa profesional.

Y sobre todo, a Dios, porque sin su gracia nada de lo que he hecho y hago hoy en día sería posible.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE	iii
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Generalidades de la crianza del cuy	4
2.2. Problemática de la crianza del cuy	5
2.2.1. Parámetros productivos	7
2.3. Salud intestinal	8
2.4. Promotores de crecimiento	9
2.4.1. Antibióticos como promotores de crecimiento (APC)	10
2.4.1.1. Resistencia bacteriana a los antibióticos	11
2.4.1.2. Zinc Bacitracina	13
2.4.2. Acidificantes - Ácidos orgánicos	14
2.4.2.1. Ácidos orgánicos y su papel en la alimentación	15
2.4.2.2. Mecanismo de acción de los ácidos orgánicos	16
2.4.2.3. Tipos de ácidos orgánicos	17
2.4.3. Ácido butírico	18
2.5. Alimentación	20
2.5.1. Forraje verde	20
2.5.1.1. Rye grass Italiano (<i>Lolium multiflorum</i>)	20
2.5.1.2. Trébol rojo (<i>Trifolium pratense</i>)	21
2.5.2. Suplementación	21

2.5.2.1. Afrecho de trigo.....	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. Localización	23
3.2. Animales y diseño experimental	23
3.3. Instalaciones y equipos.....	23
3.4. Tratamientos	24
3.5. Dieta experimental y composición nutricional.....	24
3.5.1 Mezcla de los aditivos con el afrecho de trigo.....	25
3.6. Parámetros productivos de evaluación	25
3.6.1 Ganancia de peso	25
3.6.2 Consumo de materia seca.....	25
3.6.3 Índice de conversión alimenticia	26
3.7. Análisis estadístico	26
IV. RESULTADOS	27
V. DISCUSIÓN	30
VI. CONCLUSIONES	33
VII. RECOMENDACIONES	34
VIII. LITERATURA CITADA	35
IX. APÉNDICE.....	46

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo realizar una evaluación de los efectos de la suplementación con butirato de sodio (BS) en dietas de cuyes de engorde sobre el comportamiento productivo. Se emplearon 50 cuyes machos destetados a los 14 días de edad distribuidos al azar, a los que se les aplicaron 5 tratamientos que fueron repetidos 10 veces cada uno. Como tratamientos se utilizaron: (T1) control; (T2) antibiótico; (T3) 100 ppm de BS; (T4) 200 ppm de BS y (T5) 300 ppm de BS. Los parámetros productivos que fueron evaluados son: consumo de materia seca, ganancia de peso e índice de conversión alimenticia a las 10 semanas del estudio. Para los parámetros evaluados, no se obtuvo resultados con diferencias significativas. Se concluye que la suplementación con BS en las concentraciones utilizadas, no afectó los parámetros productivos evaluados, obteniendo similares resultados entre tratamientos. Se deben realizar estudios para el mejor entendimiento de los resultados sobre los parámetros productivos tras la añadidura de este ácido orgánico en la dieta de los cuyes.

Palabras clave: cuy, comportamiento productivo, parámetros productivos, butirato de sodio

ABSTRACT

This study aimed to conduct an assessment of the effects of sodium butyrate (SB) supplementation on fattening cuyes diets on productive behavior. 50 weaned males were used at 14 randomly distributed days, to which 5 treatments were applied that were repeated 10 times each. As treatments were used: (T1) control; (T2) antibiotic; (T3) 100 ppm of SB; (T4) 200 ppm of SB and (T5) 300 ppm of SB. The production parameters that were evaluated are: consumption of dry matter, weight gain and food conversion rate at 10 weeks of the study. For the evaluated parameters, no results were obtained with significant differences. It is concluded that SB supplementation at the concentrations used did not affect the production parameters evaluated, obtaining similar results between treatments. Studies should be conducted for the best understanding of the results on the productive parameters after the addition of this organic acid in the cuyes diet.

Keywords: Cuy, productive behavior, productive parameters, sodium butyrate.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis proximal del Trébol rojo/Rey grass	pág. 21
Cuadro 2. Análisis proximal del Afrecho de trigo.....	pág. 22
Cuadro 3. Resultados del análisis descriptivo y la prueba de Duncan	pág 29
Anexo 1. Consumo de los componentes de la ración y consumo total de materia seca de cuyes suplementados con butirato de sodio y con Zn-Bacitracina.....	pág. 47
Anexo 2 Resultado de la ganancia de peso de cuyes suplementados con tres niveles de BS y Zn-Bacitracina.....	pág. 47
Anexo 3. Resultados del consumo total de MS, ganancia de peso e ICA de cuyes suplementados con tres niveles de BS y Zn-Bacitracina	pág. 48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fórmula molecular de ácido butírico.....	pág. 19
Figura 2. Variabilidad de las mediciones de ganancia de peso por cada tratamiento.....	pág 27
Figura 3. Variabilidad de las mediciones de consumo de materia seca por cada tratamiento	pág 28
Figura 4. Variabilidad de las mediciones del ICA por tratamiento	pág 28

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha desarrollado progresivamente la crianza del cuy (*Cavia porcellus*). Esta especie es muy buscada tanto en el mercado nacional como en el internacional por las propiedades nutricionales de su carne, así como la rentabilidad de su producción, sin embargo, como en todas las explotaciones en proceso de intensificación, puede presentar algunas dificultades.

Una de las grandes limitantes que enfrenta la crianza de cuyes es la alta mortalidad que se registra en las crías durante la lactación, pudiendo ser entre 38 y 56% en los cuyes que son criados por familias, o 23% en los que son criados de manera tecnificada. Este problema se agrava porque continúa el período post-destete, durante la etapa de crecimiento o recría del cuy (3° y 4° semana de edad) siendo las probables causas, el aspecto nutricional en madres y crías, las condiciones ambientales (temperatura y humedad), la competencia por espacio dentro de las pozas y los problemas sanitarios, siendo los más comunes los problemas gastrointestinales (Ordoñez, 1998).

Como toda industria pecuaria, la crianza de cuyes ya no es ajena a que se usen antibióticos en ellos para promover su crecimiento (APC) con la finalidad de que disminuyan estos problemas sanitarios que causan mortalidad y mejorar el rendimiento productivo, con el objetivo de reducir el costo de producción sin menoscabar la calidad del producto final. No obstante, el uso de los APC en nutrición animal ha generado críticas y presiones legales, para que éste se disminuya en animales destinados al consumo humano, debido a que el uso continuo de dosis subterapéuticas de APC es posible que este asociado al hecho de que se desarrollen microorganismos que ya no presenten la misma susceptibilidad a medicamentos

que se utilizan y prescriben a humanos (Cancho *et al.*, 2000), generando coyunturas en la salud pública que se debe a que en los productos y subproductos que provienen del animal se presenten residuos de APC (Wegener, 2005; Chesson, 2005).

Como respuesta a este problema se buscan alternativas. Entre éstas se encuentran: los acidificantes (Partanen y Mroz, 1999), los probióticos y prebióticos (Roberfroid, 1998), las enzimas (Bedford y Schulze, 1998), los extractos de plantas (Kamel, 2001) o “inmunomoduladores” en general (Roura y Xalabarder, 1999 citado en Pérez y Gasa, 2002).

Dentro de los acidificantes se tiene a los ácidos orgánicos (AO) que son una variedad de componentes concentrados habitualmente en los frutos de numerosas plantas, estos mejoran el rendimiento productivo debido a que bajan el pH extracelular como efecto de las actividades antibacterianas aportando en la reducción en el intestino del *E. coli*, *Salmonella sp.* etc, puesto que estos necesitan un pH neutro para su crecimiento o al menos que sea ligeramente alcalino (Franco *et al.*, 2005; Canibe *et al.*, 2001); además de esto, su forma no disociada ayuda a reducir del pH citoplasmático, y para mantener su equilibrio osmótico hace que las bacterias gasten más energía (Östling y Lindgren, 1993) al aumentar la presión en la envoltura celular, lo que en ocasiones produce su estallido (Salmond *et al.*, 1984). Estos ácidos son considerados seguros, ya que su acción es directa en el tracto digestivo, evitando que queden residuos de los animales y, por lo tanto, en los productos que provienen de ellos (Carro y Ranilla, 2002).

En humanos se utiliza el ácido butírico para la nutrición parenteral, junto a otros nutrientes, por ejemplo, cuando son sometidos a procesos quirúrgicos intestinales, teniendo como objetivo el estimular la recuperación (Tappenden *et al.*, 2003). Después de la administración, cuando llega a los intestinos se producen pépidos (Guilloteau *et al.*, 2009), que ayudan a reparar y mejora el desarrollo de las células, para promover la multiplicación de las mismas (Bartholome *et al.*, 2004). Fue demostrado por Hu y Gou (2007) que todo indica que también en las aves hay un modo similar de acción. Dichos autores demostraron que aumentaban las vellosidades una vez que el butirato de sodio era agregado a la alimentación de las aves. Panda *et al.*, (2009) señalan que hay respuestas benéficas del ácido butírico, cuando es suministrado en forma de butirato, sobre el desempeño del pollo de engorda. Asimismo, Vallejos (2014) encontró resultados favorables sobre el desarrollo

intestinal una vez que los cuyes de engorde se suplementaban con butirato de sodio.

Estudios hechos para la evaluación de AO, se han realizado en dietas de animales como, conejos comparando ac. fórmico (0.4%) y zinc bacitracina (150 ppm) teniendo similar resultado en parámetros productivos (Álvarez *et al.*, 2007), dietas para cerdos utilizando diferentes niveles de BS (500ppm y 1000ppm) se reporta que el tratamiento con mayor cantidad de BS de mejores parámetros (10% de ganancia de peso más) (Wang y Zhou, 2007), sin embargo, solo en aves de postura se han hecho comparaciones de uno de los APC más usados en nuestro medio como Zinc bacitracina (30ppm) y BS (300ppm) obteniendo similares resultados en parámetros productivos, encontrado a estos AO como alternativa a Zinc bacitracina (Herrera *et al.*, 2011).

Por tanto, el ácido butírico toma protagonismo, a fin de encontrar una alternativa del uso de APC, así como otros estudios realizados en otras especies como conejos, aves y cerdos, se propone investigar y analizar los efectos de suplementar de butirato de sodio en dietas de cuyes de engorde sobre parámetros productivos.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades de la crianza del cuy

Se conoce que en las zonas andinas peruana, ecuatoriana, colombiana y boliviana se originó la especie del cuy (*Cavia porcellus*), teniendo como objetivo la alimentación nativa aportando su alto valor nutricional. Su producción es de bajo costo, lo que le permite contribuir a la seguridad alimentaria de las poblaciones rurales de bajos recursos. En países como Perú y Ecuador la explotación intensiva y extensiva de los cuyes se da en casi en todo el país, a diferencia de otros países aledaños en los que la crianza se desarrolla solo en algunas zonas, lo que explicaría que la mayor cantidad de la población animal se concentre en los países mencionados (MINAG, 2008).

En el Perú, la crianza del cuy es complementaria a la agricultura y es una actividad que aporta a la seguridad alimentaria en las personas que viven en zonas rurales y donde hay pobreza, ya que proporciona las proteínas de origen animal necesarias y la población tiene acceso a facilidad a su acceso (INIA, 2011). La producción de cuyes se puede intensificar con las técnicas adecuadas, lo cual permite la adaptación de las personas o grupos que no tienen gran cantidad de tierras para producir (MINAG, 2008). Adicional a esto, por tratarse de un herbívoro puede ser alimentado de diferentes maneras que son accesibles para los productores (INIA, 2011).

Población y producción nacional

De acuerdo a la data del IV Censo Nacional Agropecuario 2012, se estima que la

población de cuyes es de 12.695.030 los cuales se encuentran mayormente en la sierra (INEI, 2012). Sin embargo, se debe recalcar que la migración de los últimos años de las personas del campo a las principales ciudades del país, no ha hecho que esta actividad sea abandonada, al contrario, en la actualidad se estima que más de 90.000 familias en las ciudades crían cuyes, con una estimación de que existen más de 1.000.000 de cabezas criadas en la ciudad. Entre las regiones más productivas en la crianza de cuyes están: Junín, Ancash, Cajamarca, Cusco, Lima, entre otros.

En el Perú, se registró que el consumo de carne de cuy llegó a 607 g por persona, estimando que la producción al año fue 16,500TM, estos datos fueron recopilados en el 2013. Esto ubicó al consumo de carne de cuy en uno de los niveles más bajos, dejando por debajo únicamente a la carne de caprino, de la cual fue consumida 250 g por persona ese año (MINAG, 2008).

Actualmente, principalmente en las ciudades y provincias de la sierra peruana, se consume la carne de cuy, pero debido a que parte de la población andina ha emigrado a las demás regiones y ha insertado sus costumbres alimenticias y sus tradiciones, se ha visto que el consumo es aceptado a nivel nacional. Adicionalmente, se promueve el consumo de la carne en las ciudades principales debido a su aporte nutricional y a sus bondades saludables. En el año 2000, la carne de cuy ya se exportaba, aunque en pequeñas cantidades a países como Japón y los Estados Unidos de América, que una vez que se cumplen las características de calidad y las especificaciones técnicas que exigen, entra al mercado con buena aceptación. La adaptación del cuy a diferentes ecosistemas ha hecho posible su exportación a países como Venezuela y Cuba, como alternativa para pequeños productores. Fuera de América Latina, la crianza de cuyes se ha promovido en África (MINAG, 2008).

La cantidad de este producto que se exporta es la única información que se tiene para conocer realmente la demanda en territorios foráneos, siendo mayormente consumidores de Ecuador y Perú que viven en Estados Unidos. Este consumo es principalmente de cuyes que tengan pesos mayores a los que tienen el promedio los cuyes que se comercializan nacionalmente. Otra de las características de esta semana es que son exigentes en cuanto a calidad y en cuanto a la continuidad con la que requieren ser abastecidos (MINAG, 2008).

2.2. Problemática de la crianza del cuy

La crianza de cuyes presenta muchas ventajas, entre las que puede incluirse la calidad de especie herbívora, que se reproducen rápidamente, que se adaptan de manera fácil a distintos ecosistemas y que su alimentación tiene muchas formas de realizarse utilizando insumos no competitivos con la alimentación de otros monogástricos (Chauca, 1997).

Sin embargo, la problemática de la crianza de cuyes se debe a:

Desde el punto de vista productivo:

✓ La productividad en ocasiones es deficiente por crianza tradicional entre familiares, pues el apareamiento entre ellos trae problemas consanguíneos que lleva a alta tasa de mortalidad en los lactantes. A pesar de que se apliquen criterios técnicos para la cría tradicional que presentan racionalidad, como la selección de machos y hembras, de igual forma se presentan todavía deficiencias en otros aspectos de manejo.

✓ La tecnología que mayormente es utilizada para producir los cuyes no se adapta aún a lo que exigen los mercados, tanto los foráneos como los internos que tienen gran potencial de demanda del producto (MINAG, 2008)

Desde el punto de vista de post-producción y comercialización:

✓ Los beneficios que presenta la producción de cuyes y sus transformaciones son en la actualidad el aspecto insustituible para que la producción llegue a nuevos mercados, empero, los conocimientos sobre la etapa posterior a la producción no han sido validados y son muy escasos, además que no han sido difundidos en lo suficiente.

✓ A pesar de numerosas campañas que han buscado promover el consumo de cuy y los beneficios prteícos que tiene, tanto por instituciones públicas como por gobiernos regionales y locales, no son todavía suficientes los esfuerzos para que se muestre un desarrollo significativo de esta especie como parte de las actividades productivas comerciales.

✓ A pesar de que existen potenciales oportunidades de mercado foráneo y nacional como tiendas, mercados, distribuidoras, entre otros, aún no se logra la difusión interna sobre los aspectos que son requeridos y sobre las exigencias para su producción y comercialización de forma detallada y completa (MINAG, 2008).

Es por esto que, los principales problemas que se presentan para la crianza del cuy son

relacionados con un manejo de la producción de forma deficiente, además del ciclo reproductivo y las especificaciones de su alimentación. También, que no se toman en cuenta aspectos preventivos y sus controles de salubridad, existen pocos productores que cumplen con las exigencias de calidad, poca atención en el sistema de comercialización y los productores tienen pocos conocimientos técnicos sobre la crianza (INIA, 2011).

Se debe tomar en cuenta que hay poca oferta en el mercado, lo que hace desatender a la demanda. Por lo que, incrementar la cría del cuy se convierte en una alternativa que presenta viabilidad y que aporta en el incremento de consumo de alimentos proteícos de origen animal, en el incremento de empleos, en que los campesinos no tengan la necesidad de migrar a las ciudades, incremento en las importaciones de alimentos y ayuda a combatir la situación de pobreza extrema de algunas zonas del país (INIA, 2011).

2.2.1. Parámetros productivos

El cuy puede tener alternativas en su alimentación, si bien puede ser solamente herbívoro, también puede adaptarse a una alimentación suplementada, en la cual es usual utilizar mayores cantidades de compuestos equilibrados. Existen tres formas de alimentación de los cuyes, una es con forraje, otra es combinar los forrajes con concentrados, que se refiere a una alimentación mixta, y la última es combinar los concentrados con agua y vitamina C. No necesariamente tiene que ser exclusiva la forma de alimentación, pueden alternarse según se tenga disponible el alimento y de los costos del mismo. Es tradicional que no se les de agua para su hidratación, ya que alimentarlos con pastos succulentos sustituye la misma por cubrir las necesidades de hidratación del animal; aunque esto depende en gran medida de las condiciones ambientales en las que se desenvuelva el cuy, pues adaptarse a algunos aspectos hace que se produzcan mayores pérdidas de sus pulmones y que excreten en mayores cantidades, lo que les hace necesitar mayor hidratación, siendo importante que consuman suficiente agua. El cuy criollo, que es principalmente alimentado con forrajes y/o malezas, presenta algunas deficiencias en su CA (conversión alimentaria) que llega a valores entre el rango de 18 a 24, mientras que el cuy mejorado, al que se le alimenta de manera mixta (forraje más suplemento) en los sistemas de crías familiares-comerciales, llegan a tener un CA entre los rangos de 6,5 a 8 (Chauca, 1995).

En estos cuyes mejorados, que se crían en condiciones de manejo deseable, con la alimentación adecuada y con buenas condiciones de salubridad, cuando llegan a las 9 o 10 semanas de edad presentan pesos entre 0,750 a 0,850 kg, siendo allí que están en la mejor etapa para ser comercializados; sin embargo, pueden llegar a los 4 meses y a pesos de 1.5 kg, lo cual incluso puede ser mayor si se refuerzan con mejoramientos genéticos (Agunstín, 2003)

La velocidad o ritmo con el que crecen los cuyes es reflejada en su peso. Su peso, tiene una estrecha relación con su tamaño o con su número de camada. Normalmente, cuando las camadas es de máximo 2 cuyes, estos llegan a pesar hasta 120 kg c/u, y cuando las camadas son de hasta máximo 6 cuyes, su peso es entre 50 a 80 kg c/u. Por otro lado, el ritmo con el que los cuyes ganan peso está estrechamente relacionado con aspectos de la selección genética y las formas de alimentación (Agustín, 2003). Además, se debe tomar en cuenta que el desarrollo y salud del tracto gastrointestinal son la clave de la productividad de todos los animales de granja (Jaramillo, 2011).

2.3. Salud intestinal

Los cuyes son herbívoros monogástrico, su proceso digestivo puede ser de dos maneras, la primera es la enzimática, a nivel de estómago e intestino delgado; y la segunda, es la microbial, a nivel del ciego. La actividad de cada una de estos dos tipos de digestión va a depender de la forma como esté compuesta la ración de alimento. Lo anterior, es un factor que le da versatilidad a las formas de alimietarlos (MINAG, 2008).

Como todas las especies, el cuy es susceptible a las enfermedades infecciosas de muchos tipos. Una enfermedad infecciosa es causada por la invasión de un patógeno que crece y se multiplica en el cuerpo (Gálfi, 2011). Esta especie tienen altos riesgos de sufrir este tipo de enfermedades, sin embargo, una adecuada tecnología de explotación brinda las herramientas para que sean prevenidas. Cuando son causadas, tienden a deprimir a la producción del criadero, lo que genera pérdidas financieras para su productor (Molina, 2008). La importancia de la limpieza de los criaderos radica en que no tener la higiene necesaria, ni hacer las desinfecciones rutinarias a diario, semanal y mensual, son las principales causas para que el cuy se enferme, siendo también importante brindarles una buena alimentación

que les dé los nutrientes suficientes y necesarios para que crezcan sanos y fuertes. A su vez, los alimentos que se les brinde deben tener frescura y no estar contaminados. Se debe tener en cuenta que el epitelio intestinal es la primera línea de defensa contra varios agentes químicos, algunas bacterias, toxinas y el estrés oxidativo (Gálfi, 2011).

El sistema gastrointestinal tiene diferentes funciones que deben considerarse. Adicional al proceso de digestión como tal, el intestino juega un papel fundamental en el proceso inmunológico debido a que tiene un papel activo en él, además de servir como sistema de barrera física entre el animal y el exterior. Por otro lado, el sistema digestivo también juega un papel significativo en el apetito del cuy, siendo el tejido que tiene mayor actividad metabólica, por lo que requiere para su mantenimiento un alto gasto de energía. Es por esto que, cuando el cuy está en ayuna, este tejido es el primero que reduce su tamaño debido a que se encarga de direccionar los nutrientes a otros órganos (Allee y Touchette, 1999).

En el período de destete, el tracto gastrointestinal pasa por algunos cambios. Una vez que este período termina, en seguida comienza un período de atrofia que se asocia a una disminución en el consumo. Además, numerosos aspectos también contrinuyen a la atrofia del intestino, como el no consumir leechá, la forma como se presente la dieta, el estrés del animal, si es invadido por microorganismos o si se le introducen compuestos alergénicos a la alimentación (Allee y Touchette, 1999).

2.4. Promotores de crecimiento

Sin dejar de enfatizar que la prevención de la infección en animales de producción es dada principalmente a través de las buenas prácticas de manejo y bioseguridad, a continuación, se recalca el rol nutricional disponible para realizar esta prevención. Hasta la actualidad se utilizan distintos aditivos para el control de la flora patógena y, por ende, de infecciones por protozoos, bacterianas o fúngicas.

La producción ganadera se ha ido adaptando a las crecientes demandas y las técnicas de un sector altamente competitivo de la industria agrícola y un mercado consumidor cada vez más exigente con productos de calidad. En este sentido, es cada vez más intensa preocupación por las condiciones en que se crían los animales y las implicaciones que esto puede conducir a la calidad del producto final. Dentro de este contexto, se están realizando estudios con el

uso de probióticos, ácidos orgánicos, antibióticos en dosis subterapéuticas, entre otros, con el objetivo de mejorar la producción animal sin dejar residuos en las canales (Michelan *et al.*, 2002).

De allí que, la alimentación cobra importancia, debido a que se trata de los mayores gastos que deben hacerse para la producción de los cuyes y debido a que la conversión alimenticia es uno de los aspectos que mayor consideración debe hacerse para que la producción sea la adecuada. En este sentido, es conveniente recordar que el alimento es realmente nutricional cuando éste tenga la menor cantidad de deficiencias, cuando las carcasas que se produzcan sean de calidad, se tengan las suficientes competencias de salubridad y cuando el animal no presente estrés. Es por eso que, se debe asegurar que los nutrientes que se proporcionen en la alimentación se absorban, digieran y se distribuyan a los diferentes tejidos de la manera adecuada. Para lograr esto, se pueden emplear promotores de crecimiento, siempre dentro de las recomendaciones de los organismos técnicos especializados que indican cuáles son las cantidades necesarias. Es decir, si se tienen limitantes en la salud o en la producción de los animales causada por una flora patógena, es necesario que se seleccione correctamente el promotor a suministrarle, percatándose de que este cumpla con los aspectos necesarios según las especificaciones técnicas que permitan el correcto control. Después de lo mencionado, es importante indicar que son denominados promotores de crecimiento a todos los aditivos que forman parte integral de la ración compuesta que tienen la función de hacer que el animal aumente de peso todos los días, así como para la conversión de la ración que el animal consume (Mora, 2007).

2.4.1. Antibióticos promotores de crecimiento (APC)

Son diversas las razones del uso de antibióticos, incluyendo tratamiento de enfermedades, prevención, control, y promoción de crecimiento/eficiencia alimentaria. Los antibióticos como promotores de crecimiento (APC) fueron comúnmente usados a mediados de los años 50, en dosis subterapéuticas (Marshall y Levy, 2011). En las explotaciones pecuarias, se utilizan diversos aditivos de acción antimicrobiana, de preferencia, los que actúan sobre bacterias gram +, que se encuentran principalmente en el tracto digestivo, algunas de ellas son: bacitracina, penicilinas, virginiamicina, tetraciclinas, oleandomicina, estreptomicina, entre otras (Colin *et al.*, 2003). Durante un largo periodo, se ha difundido el uso de

antibióticos que tienen como finalidad el desarrollo de crecimiento de los animales, logrando mejorar la conversión y disminuyendo las pérdidas por enfermedades en general (Anadón, 2007).

Estudios realizados sobre el mecanismo de los promotores de crecimiento se han enfocado en la interacción entre la flora intestinal y los antibióticos, debido a que en los primeros estudios en animales libres de gérmenes no se observaron efectos. Por lo tanto, los efectos directos de los APC sobre la microflora pueden explicarse por la disminución de la competencia por los nutrientes y por la reducción de metabolitos microbianos que deprimen el crecimiento, como el amoníaco, producido por interacción con la ureasa bacteriana en el lumen intestinal (Vissek, 1978; Anderson *et al.*, 2000). Efectos adicionales de los APC sobre animales libres de gérmenes se pueden observar en la disminución del grosor de las vellosidades intestinales y en el total de la pared intestinal (Coates *et al.*, 1955). Esto se puede deber, en parte, a la pérdida de la proliferación de las células de la mucosa y a la ausencia de las cadenas cortas de ácidos grasos en el lumen, ya que estas derivan de la fermentación de la flora (Frankel *et al.*, 1994). Finalmente, la reducción de los patógenos oportunistas y de infecciones subclínicas también se han relacionado a la utilización de APC. Estos factores son un obstáculo importante para el crecimiento debido a la pérdida de la proteína en las secreciones endógenas y un alto gasto de energía metabólica (Dibner y Richards, 2005).

Dentro de estudios realizados probando la utilización de APC, se obtuvieron aumentos diarios de peso en el rango de 1 al 10% con carne de mejor calidad (MINAG, 2009) y con un porcentaje de conversión de alimento de 4 a 8% (Wang y Zhou, 2007). Según Rosen (1995) en una comparación de más de 12 000 publicaciones sobre APC, demostró que el resultado sobre la ganancia de peso entre distintas especies varía entre un 2,8% hasta un 15,7%; y que la conversión alimenticia mejora entre 2 y 8,6%.

2.4.1.1 Resistencia bacteriana a los antibióticos

En el año 1969 fue publicado en informe británico Swann, en el que se especificaba tomar precaución por los riesgos de seleccionar bacterias que tuvieran resistencia en los animales y que pudiesen después transmitirse a los humanos. Este informe brindó recomendaciones para que no fuesen utilizados como APC que también pudieran ser utilizados en la medicina humana o que se seleccionaran antibióticos con resistencia cruzada. El año siguiente (1970)

en la que en ese momento se denominaba Comunidad Económica Europea (CEE), fue publicada la Directiva 70/524 que trataba sobre los aditivos en las dietas animales. Se dispuso que solo se podían utilizar aditivos que causaran crecimiento en los animales, que actuaran contra las bacterias gram + y que no fuesen absorbidos por el intestino de manera comprobada, con el fin de evitar los residuos en la carne. Es así como, en Europa estaba prohibido utilizar tetraciclinas o β -lactámicos como agentes de promoción de crecimiento, mientras que, actualmente, todavía estos antibióticos son utilizados en Estados Unidos (Torres y Zarazaga, 2002).

Por muchos años, el efecto positivo de esta práctica se promovió, mientras que el efecto negativo no era detectado (Marshall y Levy, 2011). A pesar, de que los APC han sido utilizados durante largo tiempo, también han sido retirados del comercio agropecuario en muchos países. Su utilidad entró en controversia cuando se relacionó con el uso de antibióticos similares a los empleados en medicina humana, además teniendo en cuenta que el uso continuo de estos productos, a veces en forma indiscriminada, produjo la aparición de cepas bacterianas resistentes, proceso que se potencializó por la capacidad de transferir la resistencia entre bacterias, incluso de diferente género y especie (Rosmini *et al.*, 2004; Gunal, *et al.*, 2006).

Aproximadamente, en medio de los años 90's se evidenció en algunos países de Europa la presencia de *Enterococcus* resistentes a la vancomicina. Aunque la presencia no era tan frecuente en Europa, en Estados Unidos era todo lo contrario. Considerando, que, en ese momento, la vancomicina se utilizaba como una de las pocas alternativas terapéuticas para las infecciones por enterococos que suelen ser multirresistentes, este acontecimiento llegó a causar alarma en la salud pública. Cabe precisar que, de manera normal, el *Enterococcus* está presente en la flora intestinal de las personas y de los animales y dado a que químicamente, la avoparcina y la vancomicina presentan similitudes estructurales, además de que presentan el mismo mecanismo de acción, llevó a pensar que el uso de la avoparcina como promotor de crecimiento en animales pudo haber ejercido un papel importante en la resistencia a la vancomicina de cepas de *Enterococcus* debido a la resistencia cruzada. Esta relación se propuso por el desarrollo de trabajos científicos en los años 90's (Aarestrup *et al.*, 1998; Aarestrup, 1995). Establecieron que las cepas que presentan resistencia en los animales posiblemente podían pasar al humano mediante la cadena alimentaria y/o los genes que

presentan resistencia posiblemente podrían ser transferidos al intestino de los seres humanos causando infecciones. La resistencia que presentan algunas cepas del *Enterococcus* a la vancomicina en Europa y EE. UU se pudieran explicar en el uso extendido que ha tenido la avoparcina en el continente europeo y la utilización en EE. UU de la vancomicina en los humanos (Torres y Zarazaga, 2002). Razones por las cuales, los residuales de los antibióticos que pueden estar presente en la alimentación representa un gran número de riesgos para los humanos. La cantidad de riesgos van a depender de qué tanta exposición se tenga a los mismos. Unos de los principales riesgos a los que un ser humano se somete con esto es la reacción hipersensible en personas que alérgicas y adquirir microorganismos patógenos que presenten resistencia a algunos antibióticos (Anadón, 2007).

A través de la Directiva 70/524/CEE se dio autorización a 13 antibióticos que se permitían para promover el crecimiento, llegando a 24 sustancias autorizadas en diciembre de 1998, lo cual representa el número máximo que se ha permitido. Paulatinamente, se le han realizado modificaciones a la lista reduciendo la cantidad, las cuales siguen su prohibición en Europa. Motivo por el cual, se hace necesaria la búsqueda de otras opciones para sustituir los APC, siendo objeto de estudio desde un tiempo hasta la actualidad, siendo las principales opciones los probióticos, prebióticos, ácidos orgánicos, enzimas y extractos vegetales (Jaramillo, 2009).

2.4.1.2 Zinc bacitracina

Antibiótico polipéptido producido por *Bacillus licheniformis* o *subtilis*. Este antibiótico es más estable en forma de sal de Zinc y actúa principalmente contra bacterias gram-positivas, a pesar de las diferencias que existen entre sus especies (Butaye *et al.*, 2003). Como su nombre lo indica, este antibiótico necesita de cationes bivalente como el Zinc, se ubica como el que más se utiliza en patologías digestivas debido a que es activo ante bacterias gram positivas y debido a que es muy poco absorbido por el tracto digestivo (King *et al.* 1980).

Este antibiótico actúa mediante la unificación y secuestro del mensaje undecaprinelino pirofosfato (UPP) de la membrana citoplasmática bacterial (Stone y Strominger, 1971). El undecaprelino monofosfato (UP) pasa a ser UPP, mediante su fosforilización, cuando los monómeros de peptidoglicanos son sintetizadas y transportadas. Pudiendo revertirse, este

proceso, mediante la pirofosfatasa permitiendo que se transporten subunidades que se encuentren lejos de la membrana (Goldman y Strominger, 1972), así, se evita que se construya la pared bacteriana alterando su equilibrio osmótico, lo que la lleva a la lisis.

La bacitracina es utilizada como promotora de crecimiento, además de servir terapéuticamente en infecciones entéricas y superficiales en distintos animales como pavos, pollos, cerdos, conejos y otros con la finalidad de que se mejoren las producciones de huevos, alimentar eficientemente a las hembras y el peso de las crías (Abecia *et al.*, 2005; King *et al.*, 1980).

Las dosis recomendadas para estas especies desde 5 a máximo 10 gramos por cada tonelada de alimento (Abecia *et al.*, 2005).

2.4.2. Acidificantes - Ácidos orgánicos

Este tipo de cácidos y sus ésteres están en muchas partes de la naturaleza, como en frutas, siendo ejemplo de estas el ácido cítrico que se encuentra en las frutas cítricas, también en los arándanos se tiene presencia del ácido cenzoico, así como también en las ciruelas verdes (Organic SA, 2007). Además, se pueden producir cuando los hidratos de carbono son fermentados (Santomá *et al.*, 2006).

Estos ácidos se metabolizan de manera fácil, formando parte del metabolismo animal regular, pero también se obtienen tras la fermentación de los carbohidratos (De Blas *et al.*, 2003). Se pueden encontrar muchos de estos ácidos en lácteos, en carnes y en vegetales que están en etapa de fermentación (Organic SA, 2007). La totalidad de los ácidos que son parte del ciclo de los tricarboxílicos se pueden producir con gran rendimiento de manera microbiológica. Lo mismo sucede con los ácidos que son derivados de manera indirecta del ciclo de Krebs, siendo un ejemplo de esto el ácido itacónico, el cual es obtenido desde el ácido isocrítico (Mateos, 2009).

Estos ácidos se utilizan debido a su aporte para preservar materias primas, y también por su aporte como acidificante en piensos de porcinos de pequeñas edades. Entre los que mayormente suelen ser empleados como conservante se encuentran el ácido fórmico, por ser un bactericida ampliamente fuerte, y el ácido propiónico, por tener una gran potencia

antifúngica; y los que más se suelen emplear como acidificantes, son el ácido cítrico y el fórmico. Adicional a estos, también existen otros ácidos que suelen emplearse, como los ácidos acéticos, lácticos, sórbicos, málicos y las mezclas entre ellos. Los que han sido mencionados, contienen ambas propiedades, tanto las conservantes como las acidificantes. Brindar estos ácidos al animal puede contribuir en la reducción en el estómago del amonio, debido a que evitan la desanimación de los aminoácidos. Investigaciones realizadas recientemente muestran que incluir este tipo de ácidos ayuda a mejorar la actividad de las enzimas exógenas, contribuyendo de manera indirecta a que se mejora la digestión del pienso. Existen recomendaciones de las cantidades apropiadas de cada uno de ellos, siendo para el ácido fórmico el 0,6-0,8%; para el ácido propiónico entre 0,8 y 1%; para el ácido fumárico el 1,2-1,5%; mientras que para el ácido cítrico es recomendable entre 2,0 a 2,5%. Las recomendaciones indican que el nivel que se utilice está relacionado de manera inversa con el peso molecular de los distintos ácidos. Es importante recalcar que estos ácidos son costosos y los altos niveles tienden a que se reduzca el consumo, sobretodo si los animales no están enfermos. Adicionalmente, los que tienen bajo peso molecular se volatilizan si hay presencia de calor, razón por la cual no es recomendable utilizarlo en piensos expandidos o extrusionados. Estos ácidos presentan un manejo difícil debido a que tienen alta corrosividad por ser tan reactivos. Usualmente, el mercado los ofrece en pastillas solidificadas como sales sódicas o cálcicas; sin embargo, estas son menos ricas que el ácido del que están hechas, por lo que se deben incluir más. De igual forma, presentarán un cierto nivel de riqueza en el mineral que se utilice para la producción de la sal y, de acuerdo a su concentración, presentarán menos cantidades de contenido energético (De Blas *et al.*, 2003).

Por otro lado, el ácido láctico se encuentra en los animales. En la actualidad, muchos productores usan algunos ácidos para que se conserven muchos productos. Sin embargo, se lleva un gran control por parte de los organismos gubernamentales sanitarios de las cantidades que se permiten según diferentes tipos de ácidos, permitiendo únicamente pocas cantidades de éstos al compararse con las que son permitidas de los ácidos orgánicos (Organic SA, 2007).

2.4.2.1 Ácidos orgánicos y su papel en la alimentación animal

Los ácidos, tanto orgánicos como inorgánicos, han sido involucrados en la alimentación

de los animales de producción, desde muchas décadas atrás. Esto debido a que reducen del pH estomacal, promueven la proteólisis y mejoran la digestión (Shiva, 2007). Adicionalmente, los de naturaleza orgánica presentan diversos beneficios en comparación con otras sustancias acidificantes, entre estos se encuentra el aporte a que no se active cuando haya cloro y su ayuda a mejorar el proceso digestivo disminuyendo el tiempo en que es retenido el alimento, además de aumentar la ingestión previniendo los procesos diarreicos. Aunado a esto, los compuestos de este ácido son absorbidos por el animal permitiendo que sea parte adicional a los nutrientes. Entre otros de los beneficios, los ácidos orgánicos controlan la proliferación excesiva de algunos microorganismos digestivos patógenos, al reducir del pH, acotándole una acción bactericida, además, presentan estabilidad ante cambios del medio externo como mayor o menor acidez y/o alcalinidad, temperaturas elevadas, alteración de la luz y hasta cuando se exponen a material orgánico, no pierden su acción (Jaramillo, 2009).

2.4.2.2 Mecanismo de acción de los ácidos orgánicos

A los ácidos orgánicos se les conoce por los beneficios conservantes más que por los beneficios acidificantes, como pasa en Europa, donde se clasifican como aditivos conservantes (Santomá *et al.*, 2006). Cabe precisar que, debemos considerar que no se limita a solo su acción conservante o acidificante, sino que puede variar de acuerdo al lugar de acción (piensos o tracto digestivo) o su producción (metabolismo) (Roth, 2000).

En general, podemos encontrar cierto número de bacterias, levaduras y hongos en todos los alimentos para animales. Sin embargo, al adicionar ácidos orgánicos se busca que se reduzca la cantidad de gérmenes y su metabolismo (Singh-Verma, 1973). Debido a que las cantidades de ácido que se necesitan para lograr el efecto nutritivo es mayor a la necesaria para la conservación, se puede asegurar una calidad higiénica adecuada, generando consecuencias positivas en los animales y su salud, mayormente cuando se estima que se contaminen de forma microbiana cuando se almacenan de manera incorrecta (Roth, 2000).

Adicionalmente, este efecto antimicrobiano se debe a que además de que se produce una acidificación de los alimentos, el agua que bebe el animal tiene como consecuencia disminución del pH del ambiente en el que se encuentra el agente (Santomá *et al.*, 2006;

Palenzuela, 2000). La forma que actúa in vivo es igual: logra acidificar al tracto digestivo (Santomá *et al.*, 2006), permitiendo que se alcance de forma rápida el bajo nivel de pH gástrico, ayudando en el proceso de digestión de proteínas (Roth, 2000).

A pesar de esto, lo más interesante se concentra en cómo estos ácidos pasan de la forma disociada a la no disociada, condicionado por pH del medio externo, lo que los hace agentes antimicrobianos que actúan de manera más eficaz (Santomá *et al.*, 2006). A diferencia de la forma no disociada que puede pasar la membrana plasmática; la disociada, que es un anión, no la traspasa; una vez dentro de la bacteria, el ácido se puede disociar afectando de forma directa el pH intracelular de la misma, aportando en la alteración del metabolismo y de esta forma inhibirlo, a la vez que reduce la capacidad de sintetizarse, la cantidad de glutatato, sodio (Na⁺) y/o potasio (K⁺) aumentan con la finalidad de que haya más aniones de los ácidos. Así resulta en mayor fuerza iónica dentro de la célula y, por ende, mayor turgencia; además, el anión del ácido aporta a que se disminuya la síntesis de ARN, ADN, pared celular y proteína. Todo lo explicado, sustenta que algunos agentes bacterianos detengan su crecimiento (Shiva, 2007; Contreras, 2010; Cherrington *et al.*, 1990). Dentro de los principales agentes bacterianos en los que se observan los efectos mencionados, están los coliformes como *E. coli*, salmonelas, *C. perfringens*, *L. monocytogenes* y *Campylobacter spp.* (Gauthier, 2002), en las que se produce lisis de la pared por el aumento de la presión mecánica (Foster, 1999).

Otra forma de actuación es debido a su alta digestibilidad y su gran beneficio energético que, todo indica, que es totalmente metabolizable. Su digestión es más sencilla, por su larga cadena, por lo que, puede ser incluido en dietas clínicas para personas; en las ocasiones que se presentan trastornos digestivos, en la que el proceso digestivo de la grasa empeora, éstos podrían ejercer efectos positivos (Den Hartog *et al.*, 2005; Roth, 2000).

2.4.2.3 Tipos de ácidos orgánicos

Ácidos orgánicos de cadena corta (AOCC)

El ácido láctico, ácido acético, ácido propiónico y el ácido butírico son algunos de los AOCC más conocidos, se obtienen como el resultado de la metabolización de la propia

microbiota del tracto digestivo y su obtención puede aumentar incluyendo prebióticos y probióticos en las dietas alimenticias (Van Immerseel *et al.*, 2002). La administración de la forma protegida permite que su acción sea efectiva cuando se administra oralmente, esto permite que su liberación sea gradual y no desaparezca en la parte principal del intestino llegando a trabajar en las porciones más distales del tracto intestinal. Para el caso del ácido butírico, y a que tiene un olor fuerte y desagradable, se debe administrar también de manera protegida a través de un recubrimiento o en forma de glicérido (Santomá *et al.*, 2006).

Ácidos orgánicos de cadena media (AOCM)

Los AOCM como el ácido capróico, ácido caprílico y ácido cáprico, también han demostrado su efectividad en la inhibición de algunos agentes patógenos, considerando así, que actúan positivamente en las microbiotas (Van Hees y Van Gils, 2002; Dierick *et al.*, 2002; Santomá *et al.*, 2006).

Adicional a las acciones que han sido mencionadas para todos los ácidos orgánicos, a los AOCM pueden además interactuar con la membrana celular, debido que son más lipofílicas que los otros de cadena corta, incrementando la atracción a los lípidos de las membranas o paredes celulares permitiendo así el traspaso de los protones a la célula. A su vez, este aporte al aumento de la polaridad hace que el proceso para absorber los nutrientes sea más difícil y ayuda a que se altere el metabolismo y la ruptura celular (Van Hees y Van Gils, 2002).

Combinaciones de AOCC/AOCM

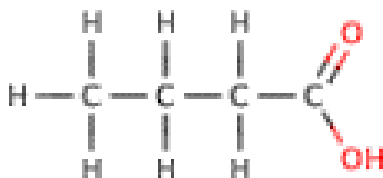
Al combinar los AOCC con los AOCM se pueden tener efectos sinérgicos o aditivos, ya que es posible que se tenga un efecto en la integridad de la membrana celular, lo cual facilitaría el proceso para que los AOCC entren en la misma y realicen su proceso de actuación antimicrobiana (Den Hartog *et al.*, 2005)

2.4.3. Ácido butírico

Se trata de un ácido monocarboxílico saturado, que tiene 4 átomos de carbono o ácido graso volátil que tiene cadena corta; este se puede encontrar en productos alimenticios como la mantequilla. Es producido en el proceso de fermentación butírica que descubrió, en el año

1854 Pasteur. Este proceso se da cuando los glúcidos se convierten por fermentarse, siendo el resultado de las acciones de las bacterias como, *Clostridium butyricum*, en medio anaerobio.

Figura 1. Fórmula molecular de ácido butírico (CH₃-(CH₂)₂-COOH)



Su producción se da en mayor cantidad, en comparación con otros AOCC, en la porción colónica del tracto digestivo, así como también resulta tras la fermentación de los almidones no digeridos, la fibra y las proteínas, realizada por bacterias anaeróbicas (Laparra, 2007 citado en Herrera *et al.*, 2011). Es conocida la protección que este ácido genera en el intestino, sumándole que estimula su desarrollo y que se secreten enzimas digestivas en los cerdos. Adicionalmente, se le conoce por actuar positivamente en la secreción de mucina en aves y por actuar como antibacteriano sobre enteropatógenos gram negativos como *E. coli* y *Salmonella spp* y gram positivos como *Clostridium spp* (Van Immerseel *et al.*, 2002). Se han realizado investigaciones que muestran que este ácido logra la estimulación del sistema inmunológico a través de los macrófagos y aporta en el aumento de inmunidad local específica, además de sus efectos antiinflamatorios; en el colon sirve de energía para los enterocitos ayudando a que se regulen su proliferación (Pouillart, 1998; Inan *et al.*, 2000; Thompson y Hinton, 1997). Al emplearse en los lácteos que se les suministra a los lechones, ha tenido como resultado que éstos tengan vellos más altos, espesor en el yeyuno e íleon (Kotunia *et al.*, 2004). También, gracias al efecto que tiene sobre las bacterias, ayuda a que se module de manera favorable la flora intestinal de pollos en crecimiento (Lan *et al.*, 2005).

La proliferación celular intestinal cuando se presentan los ácidos grasos de cadena corta, es posiblemente debido a que se aumenta un sustrato energético, puesto que la información disponible muestra que estas sustancias se metabolizan por los coloncitos, siendo que tanto en ratas, como borregos y en humanos; los que brinda la energía según el orden de importancia son: primeramente el butirato, seguido por el aceto acetato, en tercer lugar la glutamina y la glucosa, finalmente (Gutierrez, 1998; De las Cagigas y Blanco, 2002).

Por lo antes descrito, sabemos que los enterocitos tienen mayor energía cuando el ácido butírico está presente, sin embargo, adicional a esto, estudios han indicado que es indispensable para mantener una mucosa intestinal saludable (Isolauri *et al.*, 2003), así mismo, el control de la proliferación de la salmonella también ha sido comprobado (van Immerseel *et al.*, 2004a; 2004b). Los últimos investigadores citados, comprobaron la acción inhibitoria del ácido butírico sobre los genes de la *Salmonella*, interviniendo en su expresión, cabe resaltar que también mostraron que el ácido propiónico también tiene este efecto, pero no tan elevado como el primero, por su parte, el ácido acético estimula a que se expresen. Por lo indicado, resulta relevante estudiar las combinaciones que se van a realizar en la alimentación (Gálfi, 2011).

Al administrar directamente ácido butírico en el colon de ratas, se mejoró la estructura yeyunal, además incrementó la multiplicación de las células y la producción de las proteínas en las células de la mucosa intestinal, bien sean las de colágeno como las de no-colágeno, asimismo cuando hay respuesta inmunitaria en procesos inflamatorios intestinales, regula la cantidad de citoquinas IL-8 e IL-6 (Ziegler *et al.*, 2003).

Algunos estudios con butirato de sodio suministrado en la alimentación de gallinas ponedoras una vez que finalizaron su primer ciclo, han mostrado un aumento en los aspectos relacionados con la calidad de la cáscara de los huevos y en su producción, lo que ha hecho que se determine que este ácido es fundamental para mantener la mucosa intestinal saludable (Herrera *et al.*, 2011; Sánchez *et al.*, 2009).

2.5. Alimentación

2.5 Forraje verde

2.5.1. Rye grass Italiano (*Lolium multiflorum*):

Originariamente es de Europa (zona sur), del África (zona norte) y de Asia (Asia menor), zonas que cubren el mediterráneo. Si se consideran los suelos, los rye grass tienen una buena adaptación, empero si se busca que la producción sea buena, se recomienda que los suelos sean de mediana a alta fertilidad. Como opción a esto, puede aplicarse una fertilización que tenga niveles de balance adecuados según el diagnóstico de su fertilidad. Es considerada como una planta que requiere cambios anuales, sin embargo, se las condiciones en que se

manejen son buenas, puede ser bianual e incluso puede ser perenne de corta duración. Esta planta crece en matojos, alcanzando individualmente una altura que puede ser entre 60 a 90 cm, presentando abundante follaje (Guerrero, 1998).

2.5.1.1 Trébol rojo (*Trifolium pratense*):

Se trata de una planta que puede ser perenne de corta duración, creciendo habitualmente de forma rastrera cuando se está en otoño y de forma erecta cuando es primavera o verano debido a la elongación de tallos. Tiene la facultad de fijar el Nitrógeno atmosférico, lo que lo hace destacar. Su calidad la hace mejor que la alfalfa. Suele ser muy digestible, con niveles que van desde 65% al 89% según el estado fenológico de la misma (Guerrero, 1998).

Cuadro 1. Análisis proximal del Trébol rojo/Rye grass (*Bazay et al., 2014*).

Componentes	Valores
Humedad (%)	80.83
Materia seca (%)	19.17
Proteína total (%)	25.5
Fibra cruda (%)	4.74
Ceniza (%)	21.2
Extracto etéreo (%)	9.13
Extracto libre de nitrógeno (%)	39.4

2.5.2. Suplementación:

2.5.2.1 Afrecho de trigo:

Se obtiene como resultado del molido del trigo graneado, es básicamente la cáscara desmenuzada, estando principalmente constituido por el pericarpio y una pequeña cantidad del albumen del grano de trigo, exactamente de la parte externa de éste, el cual puede generar o no germen.

Cuadro 2. Análisis proximal del Afrecho de trigo (*Bazay et al., 2014*).

Componentes	Valores
Humedad (%)	8.39
Materia seca (%)	91.61
Proteína total (%)	17.61
Fibra cruda (%)	4.33
Ceniza (%)	10.12
Extracto etéreo (%)	5.77
Extracto libre de nitrógeno (%)	62.17

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

El estudio se llevó a cabo en los galpones del IVITA - Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos ubicado en El Mantaro en Junín, Perú. Se desarrolló de febrero a abril del año 2013 a una na altitud de 3,320 m.s.n.m.

3.2. Animales y diseño experimental

Se seleccionaron de manera aleatoria 50 cuyes machos destetados LP (cruce entre las líneas lecheros/prolíficos) de 14 - 21 días de edad y obtenidos de los galpones comerciales del IVITA - Huancayo, Perú. Se distribuyeron también de manera aleatoria en 50 pozas y se consideró a cada una como unidad experimental para el estudio. Cada unidad experimental fue nuevamente distribuida de manera aleatoria para cada uno de los cinco tratamientos y diez repeticiones.

3.3. Instalaciones y equipos

La crianza de los cuyes se desarrolló en el galón N° 5 de la Estación Experimental del IVITA, exclusiva de la Unidad de Cuyes, su construcción es de ladrillos, cemento y madera, contando con techo de calamina. El piso del galón es de cemento y sobre este, se armaron 50 pozas experimentales con malla para las paredes y madera para los bordes. Las dimensiones de las mismas eran de largo: 70 cm; ancho: 65 cm; y alto: 50 cm. La limpieza y desinfección de las pozas fue realizada con amonio cuaternario, a las que posteriormente se les esparció

cal para colocar paja como cama antes de introducir a los cuyes. Adicionalmente, en cada poza se colocó una forrajera fija hecha con alambres y malla galvanizada, para facilitar el suministro del forraje verde; además se colocaron recipientes de arcilla de 0.50 litros para el concentrado (afrecho solo o con aditivo), que antes de colocarlos pasaron por limpieza y desinfección con amonio cuaternario.

El control de la temperatura y ventilación dentro del galpón, se realizó por medio de cortinas, obteniendo como temperatura media 14°C y alcanzando máximos de 23°C y mínimos de 5°C. El pesaje de los animales se realizó semanalmente a la misma hora (9:00 horas), los alimentos (concentrado y forraje verde) se pesaban a diario, para estos pesajes contábamos con una balanza electrónica (sensibilidad: 0.5 g). Para la determinación de la materia seca de los alimentos utilizamos estufa y balanza electrónica (sensibilidad: 0.5 g); dicha determinación se realizó diariamente, para esto se tomaron muestras de 30 g de forraje y 15 g de concentrado del día, y en recipientes individuales se colocaban en la estufa para que después de 48 horas sean nuevamente pesadas.

3.4. Tratamientos

Fueron evaluados 5 tratamientos, cada tratamiento contó con 10 repeticiones, correspondiendo a 5 dietas diferentes con y sin aditivos, siendo las siguientes:

- ✖ T1: Dieta básica sin aditivos (Grupo Control).
- ✖ T2: Dieta básica con suplementación de 200 ppm de Zinc Bacitracina.
- ✖ T3: Dieta básica con suplementación de 100 ppm de Butirato de Sodio.
- ✖ T4: Dieta básica con suplementación de 200 ppm de Butirato de Sodio.
- ✖ T5: Dieta básica con suplementación de 300 ppm de Butirato de Sodio.

3.5. Dieta experimental y composición nutricional

La dieta básica constituida por: forraje: *rey grass* italiano y trébol rojo, principalmente, y afrecho de trigo. Para los tratamientos con suplementación, los activos: Zinc Bacitracina y Butirato de sodio (BS), fueron mezclados previamente con el afrecho de trigo.

Para asegurar mejor estabilidad y palatabilidad del ácido butírico se administró en su forma de sal. Por lo que, se utilizó el Butirato de Sodio que tiene protección de manera parcial.

3.5.1 Mezcla de los aditivos con el afrecho de trigo

Para la mezcla se utilizó una máquina mezcladora horizontal de doble cinta de acero, con capacidad de 80 kg. El proceso de mezclado se realizó en dos fases: la primera, mezclando manualmente durante un minuto el aditivo (BS o Zinc Bacitracina) y 5 kg de afrecho en un recipiente, y la segunda al incorporar la mezcla inicial a la máquina que ya contenía los 35 kg restantes del afrecho. Una vez que los 40 kg estaban en la máquina mezcladora, continuó el proceso de mezclado durante 5 minutos (Behnke, 1992). A pesar que la mezcladora es para 80 kg, debido a que el producto mezclado es de gran volumen, no pudieron mezclarse más de 40 kg.

3.6. Parámetros productivos de evaluación

3.6.1 Ganancia de peso

Por 70 días, se realizó el registro individual del peso vivo por semana de cada unidad experimental. El registro de los pesos se realizó antes del suministro del alimento y a la misma hora.

$$\textbf{Ganancia de peso (g) = Peso Final (g) – Peso Inicial (g)}$$

3.6.2 Consumo de materia seca

La determinación de la cantidad consumida de materia seca (MS), se realizó todos los días, considerando la cantidad del concentrado y el forraje verde suministrado y rechazado por unidad experimental.

- MS suministrada = Peso de concentrado + forraje suministrado
- MS rechazada = Peso de concentrado + forraje rechazado

$$\textbf{Consumo de materia seca (g) = MS suministrada (g) – MS rechazada (g)}$$

3.6.3 Índice de Conversión Alimenticia (ICA)

Este índice se calculó para cada grupo experimental o tratamiento, considerando la ganancia de peso vivo y el consumo de materia seca.

$$ICA = \frac{\text{Consumo total de materia seca (g)}}{\text{Ganancia total de peso vivo (g)}}$$

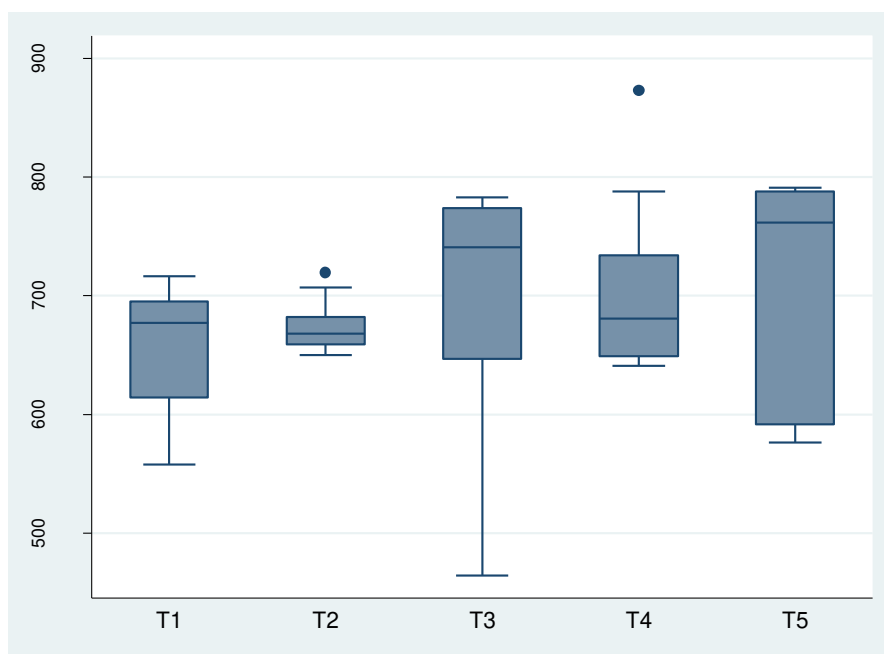
3.7. Análisis estadístico

Se inició la exploración de los datos mediante un análisis descriptivo de las variables. Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) para estimar el efecto global de los tratamientos sobre el consumo total de alimento, la ganancia de peso y el índice de conversión alimenticia. Las diferencias entre los tratamientos fueron analizadas mediante la prueba de Duncan. Para los cálculos y pruebas, se utilizó un nivel de confianza del 95% y el paquete estadístico Stata (v.15.0).

IV. RESULTADOS

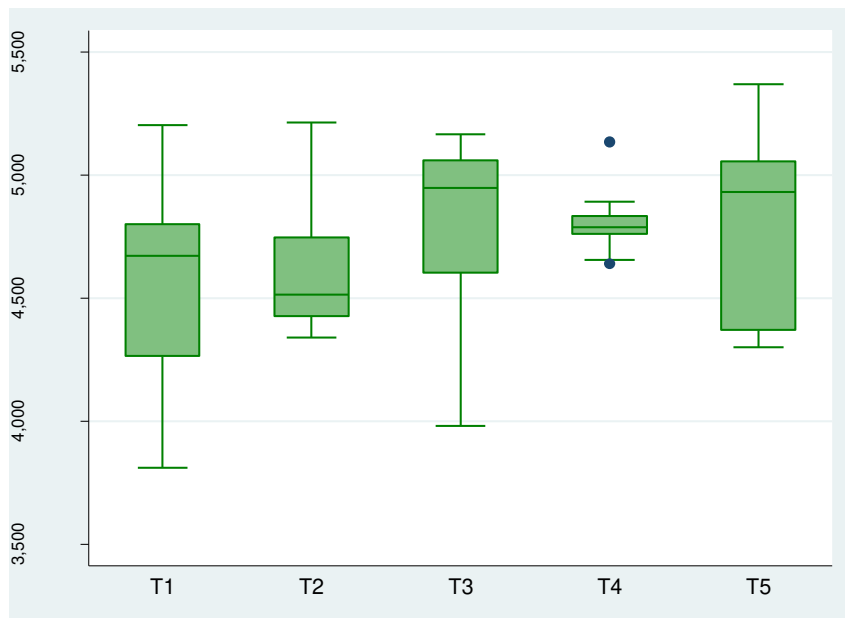
No se evidenció alguna diferencia estadísticamente significativa entre los valores promedio de cada tratamiento para la ganancia de peso, consumo de materia seca e índice de conversión alimenticia. En la Figuras 2, 3 y 4 se grafica la distribución de las mediciones de cada individuo por tratamiento y los valores mínimos y máximos, mediana, primer y tercer cuartil para ganancia de peso, consumo de materia seca e índice de conversión alimenticia, respectivamente.

Figura 2. Variabilidad de las mediciones de ganancia de peso por cada tratamiento.



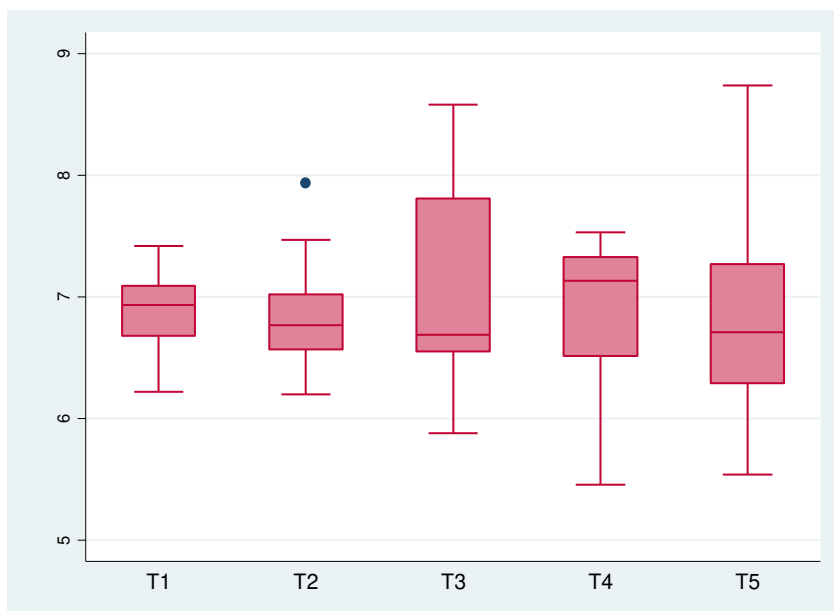
T1-T5: tratamientos

Figura 3. Variabilidad de las mediciones de consumo de materia seca por cada tratamiento.



T1-T5: tratamientos

Figura 4. Variabilidad de las mediciones del ICA por tratamiento.



T1-T5: tratamientos

En el Cuadro 3 se detallan los valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación para cada tratamiento en relación a los parámetros productivos incluidos en el estudio, así como los resultados de la prueba de Duncan para comparaciones múltiples.

Cuadro 3. Resultados del análisis descriptivo y la prueba de Duncan para cada tratamiento.

Tratamiento	GP			CMS			ICA		
	Media	DS	CV	Media	DS	CV	Media	DS	CV
1	657.35	53.82	0.08	4539.39	440.97	0.097	6.9	0.34	0.05
2	674.8	22.89	0.03	4638.47	301.9	0.06	6.88	0.49	0.07
3	699.8	14.97	0.15	4818.84	371.39	0.077	7	0.93	0.13
4	707.55	74.78	0.11	4808.72	138.29	0.029	6.86	0.66	0.96
5	715.55	92.99	0.13	4822.62	366.57	0.08	6.82	0.87	0.13

Duncan	GP			CMS			ICA		
	p	IC 95%	IC 95%	IC 95%	P	IC 95%	IC 95%	IC 95%	IC 95%
2-1	0.61	-50.73	85.71	0.52	-206.91	405.07	0.94	-0.65	0.6
3-1	0.24	-29.29	114.19	0.09	-52.69	611.62	0.76	-0.53	0.72
4-1	0.18	-23.85	124.25	0.10	-52.46	591.12	0.88	-0.71	0.61
5-1	0.13	-17.52	133.92	0.10	-56.42	622.88	0.82	-0.76	0.59
3-2	0.47	-43.26	93.18	0.27	-141.41	502.17	0.72	-0.54	0.78
4-2	0.37	-39.03	104.45	0.27	-135.74	476.24	0.94	-0.65	0.6
5-2	0.28	-33.34	114.76	0.28	-148.01	516.30	0.86	-0.72	0.6
4-3	0.82	-60.47	75.97	0.95	-316.12	295.86	0.67	-0.83	0.53
5-3	0.67	-55.99	87.49	0.98	-302.22	309.76	0.62	-0.87	0.52
5-4	0.81	-60.22	76.22	0.93	-307.89	335.69	0.92	-0.66	0.59

GP: ganancia de peso, CMS: consumo de materia seca, ICA: índice de conversión alimenticia, Media: promedio. DS: desviación estándar, CV: coeficiente de variación, p: valor de p para prueba de Duncan, IC 95%: intervalo de confianza al 95%.

V. DISCUSIÓN

No se evidenció un efecto estadísticamente significativo de los tratamientos para ninguno de los parámetros productivos evaluados. No se encontró literatura publicada que evalúe el comportamiento productivo del Butirato de Sodio (BS) en cuyes según su ganancia de peso, consumo de alimento e índice de conversión alimenticia. Carraro *et al.* (2010) evaluó los efectos de la adición del mismo ácido orgánico sobre el comportamiento productivo en conejos según aumento de consumo de alimento. Adicionaron tres dosis por 70 días, (500 ppm, 1000 ppm y 2000 ppm) y no encontraron diferencias significativas a pesar de encontrar un aumento aparente. De manera similar, no se han encontrado resultados significativos para la ganancia de peso o índice de conversión alimenticia en conejos al añadir ácidos orgánicos en la dieta (Scapinello *et al.*, 1999; Scapinello *et al.* 2001; Michelan *et al.*, 2002).

Se ha evaluado el efecto de la adición de BS en dietas de pollos de engorde, resultando un leve aumento del consumo sin encontrar diferencias significativas (Sánchez *et al.*, 2009; Mansoub *et al.*, 2011; Sayrafi *et al.*, 2011). Según un estudio realizado por Flores *et al.* (2008), obtuvieron diferencias en la ganancia de peso tras la suplementación de BS en 1000, 2000 y 3000 ppm con una tendencia al incremento. Panda *et al.* (2009) evidenciaron una propensión de mejora del ICA correlacionado a un aumento de concentración de butirato de sodio en la dieta a 2000, 4000 y 6000 ppm. Sin embargo, las diferencias carecen de significancia estadística.

Weber y Kerr (2008) utilizaron el BS como suplemento para la alimentación en porcinos, sin encontrar resultados significativos de aumento de consumo de alimento. Sin embargo, en

un estudio realizado por Piva *et al.* (2009) evaluaron parámetros productivos de cerdos destetados durante 8 semanas, observando que el peso y el consumo total de alimento aumentó durante las dos primeras semanas tras de suplementar las dietas con 800 ppm de BS. El efecto de la adición de ácidos orgánicos en la dieta puede variar ampliamente no sólo por la especie, sino también por el tipo de alimento utilizado y la edad de los animales.

En porcinos, la inclusión de ácidos orgánicos durante las primeras semanas afecta la palatabilidad e inclusive reducir el pH del alimento y ocasionar acidosis (Partanen y Mroz, 1999). En un estudio realizado por Lu *et al.* (2008) demostraron un aumento significativo de ganancia de peso tras la suplementación con BS a 500 y 1000 ppm. Para el índice de conversión alimenticia, se evidenció una mejora correlacionada al aumento de concentración de BS (dietas con 2500 ppm y 5000 ppm) en la alimentación de los lechones (Fernandes *et al.*, 2011).

El efecto de la adición de BS en el comportamiento productivo es muy variable entre especies. La variabilidad de estas respuestas también se puede asociar a diferentes intervinientes, como el tipo de alimentación, la edad que tenga el animal y las concentraciones de suplementación. Siendo dichas concentraciones las que tienen una posible influencia de acidificación según su disociación recurrente y según sea soluble (Papatsiros y Christodouloupoulos, 2011).

Para que se asimilen estos compuestos orgánicos, es relevante si el intestino está lo suficientemente maduro, siendo un factor que está condicionado al inicio del estudio y debe tenerse en cuenta. Estudios han demostrado que incluir estos ácidos en su forma orgánica, en la alimentación genera consecuencias positivas para que se desarrolle la mucosa intestinal del cuy. Este desarrollo mejora su integridad y se traduce en mejor asimilación de alimento (Bravo, 2012).

La suplementación del butirato de sodio en la alimentación de cuyes y sus resultados productivos aún no están claros. En el estudio se evidenció una aparente mejora en el comportamiento productivo, siendo estadísticamente no significativas. El modo de acción de este compuesto sobre la microbiota intestinal de los cuyes no se comprende por completo. Se

deben realizar estudios para el mejor entendimiento de la fisiología intestinal en esta especie y el efecto que ejercen los ácidos orgánicos.

VI. CONCLUSIONES

- No se evidenció efecto de la suplementación de Butirato de Sodio en la dieta de cuyes a diferentes dosis (100, 200 y 300 ppm) para la ganancia de peso, consumo de materia seca e índice de conversión alimenticia.

VII. RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar estudios en cuyes (*Cavia porcellus*) utilizando concentraciones de Butirato de Sodio superiores a 300 ppm para la evaluación de ganancia de peso, consumo de materia seca e índice de conversión alimenticia.

VIII. LITERATURA CITADA

1. [INEI] – Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2012. IV Censo Nacional Agropecuario 2012 (CENAGRO): Cuadros estadísticos. [Internet], [28 de noviembre de 2015]. Disponible en:
<http://censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/>
2. [INIA] – Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria. 2011. Investigación en cuyes. [Internet], [08 de abril de 2015]. Disponible en:
<http://www.inia.gob.pe/files/crianzas/animalesmenores.pdf>
3. [MINAG] Ministerio de Agricultura - Dirección General de Competitividad Agraria-Dirección de Crianzas. 2009. Residuos químicos en carnes y su relación con la normatividad. Perú: MINAG. Informe Tecnología de la carne. 23 p.
4. Aarestrup FM, Bager F, Jensen NE, Madsen M, Meyling A, Wegener HC. 1998. Surveillance of antimicrobial resistance in bacteria isolated from animals to antimicrobial growth promoters and related therapeutic agents in Denmark. [APMIS] Acta Pathologica, Microbiologica, et Immunologica Scandinavica 106:606-622.
5. Aarestrup FM. 1995. Occurrence of glycopeptide resistance among Enterococcus faecium isolates from conventional and ecological farms. Microbial Drug Resistance, 1:255-257.
6. Abecia L, Balcells J, Fondevila M, Belenguer A, Calleja L. 2005 Effect of therapeutic doses of antibiotics in the diet on the digestibility and caecal fermentation in growing rabbits. Animal Research, EDP Sciences, 54:307-314.
7. Agustín, R. 2003. Efecto del área y densidad de crianza en el engorde de cuyes (4 a 13 semanas de edad). Tesis de Bachillerato. Fac. Ing. Zootec. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. p 16-36.
8. Allee GL, Touchette KJ. 1999. Efectos de la nutrición sobre la salud intestinal y el crecimiento de lechones. En: XV Curso de Especialización – Avances en nutrición y alimentación animal. [FEDNA] Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, [Internet] [10 de febrero de 2015]. Disponible en: <http://fundacionfedna.org/sites/default/files/99CAP6.pdf>

9. Álvarez E, Sierra L, Rebollar P, Cardinalli R. 2007. Efecto de la adición de ácido fórmico en el control de las infecciones entéricas del conejo. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias* 2:549-554.
10. Anadón AR. 2007. Antibióticos de uso veterinario y su relación con la seguridad alimentaria y salud pública. En: Discurso de toma de posesión como académico. Madrid: Instituto de España – Real Academia de Ciencias Veterinarias. Madrid, [Internet], [10 de febrero de 2015]. Disponible en:
[Ram%C3%B3n-Anad%C3%B3n-Navarro.pdf](#)
11. Anderson DB, McCracken VJ, Aminov RI, Simpson JM, Mackie RI, Verstegen MW, Gaskin HR. 2000. Gut microbiology and growth-promoting antibiotics in swine. *Nutrition Abstracts and Reviews. Series B, Livestock Feeds and Feeding* 70(2): 101-108.
12. Bartholomé A, Albin D, Baker R, Holst J, Tappenden K. 2004. Supplementation of total parental nutrition with butyrate increase structural aspects of intestinal adaptation after an 80% jejunoileal resection in neonatal piglets. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition* 28(4): 210-222.
13. Bazay G, Carcelén F, Ara M, Jiménez R, González R, Quevedo W. 2014. Efecto de los manano-oligosacáridos sobre los parámetros productivos de cuyes (*Cavia Porcellus*) durante la fase de engorde. *Rev Int Vet Perú*. 25(2): 198-204.
14. Bedford M, Schulze H. 1998. Exogenous enzymes for pigs and poultry. *Nutr Res Rev* 11: 91-114.
15. Behnke DC. 1992. Cómo mezclar alimentos de calidad: Perspectivas sobre uniformidad de mezclado. *Soya noticias* 229: 6-12.
16. Bravo A. 2012. Efecto de la suplementación de ácidos orgánicos sobre la morfometría intestinal en cuyes de crecimiento y engorde. Tesis de Médico Veterinario. Lima: Univ. Nac. Mayor de San Marcos. 76 p.
17. Butaye P, Devriese L, Haesebrouck F. 2003. Antimicrobial growth promoters used in animal feed: effects of less well-known antibiotics on gram-positive bacteria. *Clinical microbiology reviews* 16(2): 175-188.
18. Cancho B, García M, Simal J. 2000. El uso de los antibióticos en la alimentación

animal: perspectiva actual. Ciencia y Tecnología Alimentaria. Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de Alimentos. 3(1): 39-47.

19. Canibe N, Steiens S, Overland M, Jensen B. 2001. Effect of K-diformate in starter diets on acidity, microbiota, and the amount of organic acids in the digestive tract of piglets, and on gastric alterations. J Anim Sci 79(8): 2123-2133.
20. Carraro L, Xiccato G, Trocino A, Radaelli G. 2010. Dietary supplementation of butyrate in growing rabbits. Italian Journal of Animal Science, 4(2): 538-540.
21. Carro M, Ranilla M. 2002. Aditivos antibióticos promotores de crecimiento de los animales: Situación actual y posibles alternativas. Exopol. Circular 90:7.
22. Chauca L. 1995. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*) en los países andinos. [Internet], [20 de abril de 2015]. Disponible en:
<http://www.fao.org/docrep/v6200t/v6200T05.htm>
23. Chauca L. 1997. Producción de cuyes. FAO Revista Producción y Sanidad. [Internet], [03 de abril d 2015]. Disponible en:
<http://www.fao.org/docrep/w6562s/w6562s00.htm#TopOfPage>
24. Cherrington C, Hinton M, Chopra I. 1990. Effect of short-chain organic acids on macromolecular synthesis in *Escherichia coli*. J Appl Bacteriol 68(1): 69-74.
25. Chesson A. 2005. Phasing out antibiotic additives in the EU: worldwide relevant for animal food production. En: The International Debate Conference for the Feed & Food Chain – Antimicrobial Growth Promoters: Worldwide Ban on the Horizon? Holanda: Bastiaanse Communication. [Internet], [05 de abril 2015]. Disponible en:
http://www.bastiaanse-communication.com/rua2014/boa_AGP.pdf
26. Coates ME, Daviel MK, Kon SK. 1995. The effect of antibiotics on the intestine of the chick. British Journal of Nutrition 9(01): 100-119.
27. Colin I, Morales E y Avila E. 2003. Evaluación de promotores de crecimiento en pollos de engorda. Veterinaria México 25(2): 141-144.
28. Contreras M. 2010. Salmonelosis aviar: métodos de prevención y control. En: XXI Congreso Centroamericano y del Caribe de Avicultura Industrial. San José: Industria avícola. [Internet], [05 de abril de 2015]. Disponible en:

<http://www.elsitioavicola.com/articles/1868/salmonelosis-aviar-matodos-de-prevencion-y-control/>

29. De Blas C, Mateos GG, Rebollar PG. 2003. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos. 2ª ed. España: [FEDNA] Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 423 p.
30. Den Hartog LA, Gutiérrez del Álamo A, Doorenbos J, Flores A. 2005. The effect of natural alternatives for anti-microbial growth promoters in broiler diets. En: Proceedings of the 5th Eur. Symp. Poultry nutrition. Hungría: European Symposium on poultry nutrition, [Internet], [08 de abril de 2015]. Disponible en: <http://www.cabi.org/Uploads/animal-science/worlds-poultry-science-association/WPSA-hungary-2005/224-232denHartog.pdf>
31. Dibner J, Richards J. 2005. Antibiotic Growth Promoters in Agriculture: History and Mode of Action. Poultry Science 84(4): 634-643.
32. Dierick N; Decuypere J; Molly K; Van Beek E; Vanderbeke E. 2002. The combined use of triacylglycerols containing médium-chain fatty acids (MCFAs) and exogenous lipolytic enzymes as an alternative for nutritional antibiotics in piglet nutrition. Livestock Production Science 75(2): 129-142.
33. Fernandes S, Monteiro A, Silva C, Silva M, Rossi, P, Souza D y Hentz F. 2011. Desmane precoce e a suplementação concentrada no peso ao abate e nas características de carcaça de cordeiros terminados em pastagem. Rvista Brasileira de Saúde e Produção Animal 12(2): 46-56.
34. Flores J y Ramos W. 2008. Efecto de ácido butírico Citrozim-Na sobre los parámetros productivos en la producción de pollo de engorde. Proyecto para Título de Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras, p 22.
35. Foster JW. 1999. When protons attack: Microbial strategies of acid adaptation. Current Opinion in Microbiology 2(2): 170-174.
36. Franco L, Fondevila M, Lobera M, Castrillo C. 2005. Effect of combinations of organic acids in weaned pig diets on microbial species of digestive tract contents and their response on digestibility. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 89(3 - 6): 88-

93.

37. Frankel WL, Zhang W, Singh A, Klurfeld DM, Don S, Sakata T, Modlin I, Rombeau JL. 1994. Mediation of the trophic effects of short-chain fatty acids on the rat jejunum and colon. *PubMed Gastroenterology* 106:375-380.
38. Gauthier R. 2002. La salud intestinal: Clave de la productividad – El caso de los Ácidos Orgánicos. [Internet], [17 de enero de 2014]. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-avicultura/nutricion/articulos/salud-intestinal-clave-productividad-t518/p0.html>
39. Goldman R, Strominger J. 1972. Purification and properties of C55-isoprenylpyrophosphate phosphatase from *Micrococcus lysodeikticus*. *J. Biol. Chem.* 247_5116-5122.
40. Guerrero R. 1998. Fertilización de cultivos en clima frío. 2ª ed. Colombia: Monómeros Colombos Venezolanos, S.A. p 279-282, 292-294.
41. Guilloteau P, Zabielski R, David J, Blum J, Morisser J, Biernat M, Wolinski J, Laubitz D, Hamon Y. 2009. Sodium-butyrate as a growth promoter in milk replacer formula for Young calves. *J. Dairy Sci.* 92: 1038-1049.
42. Gunal M, Yayli G, Kaya O, Karahan N y Sulak O. 2006. The effects of antibiotic growth promoter, probiotic or organic acid supplementation on performance, intestinal microflora and tissue of broilers. *Int. J. Poult. Sci.* 5(2): 149-155.
43. Herrera I, Posadas E, Sánchez E, Fuente B, Laparra J, González E. 2011. Efecto del butirato de sodio sobre algunos parámetros productivos de gallinas de postura en semilibertad. *Veterinaria México* 42(3): 227-232.
44. Hu Z, Guo Y. 2007. Effects of dietary sodium butyrate supplementation on the intestinal morphological structure, absorptive function and gut flora in chickens. *Animal Feed Science and Technology* 132(3): 240-249.
45. Inan H, Rasoulpour R, Yin L, Hubbard A, Rosenberg D y Giordina C. 2000. The luminal short-chain fatty acid butyrate modulates NF-KB activity in a human colonic epithelial cell line. *PubMed Gastroenterology* 118(4): 724-734.
46. Isolauri E, Salminen S, Ouwenhand AC. 2003. Probiotics. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology* 18:299-313.
47. Jaramillo A. 2009. Ácidos orgánicos (cítrico y fumárico) como alternativa a los

- antibióticos promotores de crecimiento (Bacitracina Zinc) en dietas para pollos de engorde. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 2(2): 34-41.
48. Jaramillo H. 2011. Evaluación de la mezcla de un prebiótico y un ácido orgánico en la salud intestinal y parámetros productivos de pollos de engorde. [Internet], [18 de abril de 2015]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/7151/1/8109006.2011.pdf>
 49. Kamel C. 2001. Tracing modes of action and roles of plant extracts in non-ruminants. En: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Reino Unido: Nottingham. Univ. Press. 151-165.
 50. Kotunia A, Wolinsk D, Laubitz M, Jurkowskai V, Rome P y Zabielski R. 2004. Effect of sodium butyrate on the small intestine development in neonatal piglet fed by artificial sow. *J Physiol Pharmacol*. 55:59-68.
 51. Lan Y, Verstegen MW, Tamminga S, Williams B. 2005. The role commensal gut microbial community in broiler chickens. *Worlds Poult Sci*. 61:95-104. DOI: 10.1079/WPS200445
 52. Laparra V, Ávila G, López C y Arce M. 2007. Efecto de la adición de butirato sódico, en el alimento del pollo de engorda, sobre los parámetros productivos, XII Congreso Anual de AMENA; 2007 octubre 23-36. México. Asociación Mexicana de Especialista en Nutrición Animal: 87-88.
 53. Mansoub N, Rahimpour K, Majedi L, Mohammad M, Zabihi M y Kalhori M. 2011. Effect of different level of butyric acid glycerides on performance and Serum Composition of Broiler Chickens. *World Journal of Zoology* 6(2):179-182.
 54. Marshal B, Levy S. 2011. Food animals and antimicrobials: Impact on human health. *Clinical Microbiology Reviews*. EE.UU. [Internet], [20 de mayo de 2015]. Disponible en: <http://cmr.asm.org/content/24/4/718.short>
 55. Mateos P. 2009. Ácidos orgánicos. [Internet], [02 de febrero de 2015]. Disponible en: <http://nostoc.usal.es/sefin/MI/tema22MI.html>
 56. Michelan A, Scapinello C, Natali M, Furlan A, Sakaguti E, Faria H, Santolin M, Hernandez A. 2002. Utilização de probiotico, ácido orgánico e antibiótico em dietas para coelhos em crescimento: ensaio de digestibilidade, avaliação da morfometria intestinal e desempenho. *Rev. Bras. Zootc*. 31: 2227-2237.
 57. Ministerio de Agricultura y Riego [MINAG]. 2008. Cuy. [Internet], [02 de abril

de 2015]. Disponible en: <http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/pecuaria/situacion-de-las-actividades-de-crianza-y-produccion/cuyes?start=1>

58. Molina Pulloquina M. 2008. Efecto probiótico de *Lactobacillus acidophilus* y *Bacillus subtilis* en cuyes (*Cavia porcellus*) de engorde. Tesis de licenciatura: Sangolquí, Ecuador: 139 p.
59. Mora I. 2007. Nutrición animal. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia. P 105.
60. Ordoñez R. 1998. Efecto de dos niveles de proteína y fibra cruda en el alimento de cuyes (*Cavia porcellus*) en lactación y crecimiento. Tesis de Ing. Zootecnista. Lima: Univ. Nac. Agraria La Molina, Lima. 65 p.
61. Organic SA. 2007. Ácidos orgánicos. [Internet], [10 febrero 2015]. Disponible en: <http://www.organicsa.net/acidos-organicos>
62. Ostling C, Lindgren S. 1993. Inhibition of enterobacteria and listeria growth by Lactic, Acetic and Formic Acids. J. Appl. Bacteriol. 75: 18-24.
63. Palenzuela R. 2000. Los ácidos orgánicos como agentes antimicrobianos. En: XVI Curso de Especialización FEDNA – Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. [Internet], [10 febrero 2015]. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2375301>
64. Panda A, Rao S, Raju M y Sunder G. 2009. Effect of butyric acid on performance, gastrointestinal tract health and carcass characteristics in broiler chickens. Asian-Australian Journal of Animal Science 22(7): 1026-1031.
65. Papatsiros VG, Christodouloupoulos G. 2011. The use of organic acids in rabbit farming. Online Journal of Animal and Feed Research: 434-438.
66. Partanen K y Mroz Z. 1999. Organic acids for performance enhancement in pig diets. Nutr. Res. Rev. 12: 1-30.
67. Pérez J y Gasa J. 2002. Importancia de los carbohidratos de la dieta y de la utilización de aditivos sobre la salud intestinal en el ganado porcino. En: Avances en nutrición y alimentación animal: XVIII Curso de Especialización FEDNA – Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. [Internet], [24 febrero 2015]. Disponible en: http://fundacionfedna.org/sites/default/files/02CAP_IV.pdf

68. Piva A, Morlacchini M, Casadei G, Gatta P, Biagi G y Prandini A. 2009. Sodium butyrate improves growth performance of weaned piglets during the first period after weaning. *Italian Journal of Animal Science* 1(1): 35-42.
69. Pouillart P. 1998. Role of butyric acid its derivatives in the treatment of colorectal cancer and hemoglobinopathies. *Life Sci*: 63: 1739-1760.
70. Roberfroid M. 1998. Prebiotics and synbiotics: concepts and nutritional properties. *Bras Journal Nutrit* 80(4):197-202.
71. Rosen GD. 1995. Antibacterials in poultry and pig nutrition. En: Wallace RJ, Chesson A (eds). *Biotechnologies in animal feeds and animal feeding*. Germany: VCH Verlagsgesellschaft. [Internet], [10 febrero 2015]. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=ZPe8JECZAtYC&oi=fnd&pg=PP2&dq=Antibacterials+in+poultry+and+pig+nutrition.+In:+Wallace+RJ,+Chesson+A+\(eds\).+Biotechnologies+in+animal+feeds+and+animal+feeding.+Germany:+VCH+Verlagsgesellschaft.&ots=P13GtQfaEG&sig=0A5ojk_11KZtkn8z1JRnt5SZKCA#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=ZPe8JECZAtYC&oi=fnd&pg=PP2&dq=Antibacterials+in+poultry+and+pig+nutrition.+In:+Wallace+RJ,+Chesson+A+(eds).+Biotechnologies+in+animal+feeds+and+animal+feeding.+Germany:+VCH+Verlagsgesellschaft.&ots=P13GtQfaEG&sig=0A5ojk_11KZtkn8z1JRnt5SZKCA#v=onepage&q&f=false)
72. Rosmini M, Sequeira G, Guerrero I, Martí L, Dalla R, Frizzo L. 2004. Producción de prebióticos para animales de abasto: importancia del uso de la microbota intestinal indígena. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 3(2): 181-191.
73. Roth F. 2000. Ácidos orgánicos en nutrición porcina: eficacia y modo de acción. En: *Avances en nutrición y alimentación animal: XVI Curso de especialización FEDNA – Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal*. [Internet], [10 febrero 2015]. Disponible en: <http://fundacionfedna.org/sites/default/files/00CAP9.pdf>
74. Salmond C, Kroll R, Booth I. 1984. The effect of food preservatives on Ph homeostasis in *Escherichia coli*. *J. Gen. Microbiol.* 130(11): 2845-50.
75. Sánchez I, Posadas E, Sánchez E, Hernández J, Laparra J y Ávila E. 2009. Efecto del butirato de sodio en dietas para gallinas sobre el comportamiento productivo, calidad del huevo y vellosidades intestinales. *Veterinaria México* 40: 397-403.
76. Santomá G, Ayala P, Gutiérrez A. 2006. Producción de broilers sin antibióticos promotores de crecimientos actuales. En: *XLIII Simposio Científico de Avicultura*. España. [Internet], [24 febrero 2015]. Disponible en:

http://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/wpsa1161771886a.pdf

77. SAS Institute INC. 2009. SAS/STAT[®] 9.2 User's Guide 2nd ed. Cary, NC. 7886 p.
78. Sayrafi R, Soltanilinejad F, Shahrooz R, Rahimi S. 2011. Comparative study of the effect of alternative and antibiotic feed additives on the performance and intestinal histomorphometrical parameters of broiler chickens. *Afr. J. Agri. Res.* 6: 2794-2799.
79. Scapinello C, Faria HG y Furlan AC. 1999. Influencia de diferentes níveis de ácido fumárico sobre o desempenho de coelhos em crescimento. *Rev. Bras. Zootec.* 28(4): 785-790.
80. Scapinello C, Faria HG, Furlan AC y Michelin AC. 2001. Efeito da utilização de oligossacarídeo manose e acidificantes sobre o desempenho de coelhos em crescimento. *Rev. Bras. Zootec.* 30: 1272-1277.
81. Shiva R CM. 2007. Estudio de la actividad antimicrobiana de extractos naturales y ácidos orgánicos. Posible alternativa a los antibióticos promotores de crecimiento. Tesis Doctoral de Médico Veterinario. Barcelona: Univ. Autónoma de Barcelona. [Internet], [24 febrero 2015]. Disponible en:
<http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5606/cmsr1de1.pdf;jsessionid=FD28D33B B788E4B9CDC7B4A787368B7E.tdx1?sequence=1>.
82. Singh-Verna SB. 1973. Wirkung verschiedener organischer Säuren in der Konservierung von Feuchtgetreide und Futtermittel aus mikrobiologischer Sicht. *Landwirt. Forsch.* 26: 95-114.
83. Stone K y Strominger J. 1971. Mechanism of action of bacitracin: complexation with metal ion and C55-isoprenyl pyrophosphate. *Proc. Natl. Acad. Sci. EE.UU.* 68: 3223-3227.
84. Swann Committee Report. 1969. Report of the Joint Committee of the use of antibiotics in animal husbandry and veterinary medicine. Londres: Her Majesty's Stationery Office. [Internet], [10 febrero 2015]. Disponible en:
<http://hansard.millbanksystems.com/lords/1969/mar/19/the-swann-report-scientific-research-and-1>
85. Tappenden K, Albil D, Bartholome A, Mangian H. 2003. Glucagon-like peptide-2 and short-chain-fatty acids: A new twist to an old story. *Journal of nutrition*

133)11): 3717-20.

86. Thompson K, Hinton M. 1997. Anti bacterial activity of formic acid and propionic acid in the diets of hens on Salmonella in the crop. Br Poult Sci 38: 59-65.
87. Torres C y Zaragaza M. 2002. Antibióticos como promotores del crecimiento en animales: ¿Vamos por el buen camino? Gaceta Sanitaria. 16(2): 109-112.
88. Vallejos D. 2014. Efecto de la suplementación con butirato de sodio en la dieta de cuyes (*Cavia porcellus*) de engorde sobre el desarrollo de las vellosidades.
89. Van Hees H, Van Gils B. 2002. Short and medium chain fatty acids make a comeback. Feed Mix, 10(6): 27-29.
90. Van Immerseel F, Cauwerts K, Devriese LA, Haesebrouck F, Ducatelle R. 2002. Feed additives to control Salmonella in poultry. World's Poultry Science Journal, 58(4): 501-513.
91. Van Immerseel F, De Buck J, Pasmans F, Huyghebaert G, Haesebrouck F, Ducatelle R. 2004a. Clostridium perfringens in poultry: an emerging threat for animal and public health. Avian Pathology, 33(6): 537-549.
92. Van Immerseel F, Fievez V, De Buck J, Pasmans F, Martel A, Haesebrouck F, Ducatelle R. 2004b. Microencapsulated short-chain fatty acids in feed modify colonization and invasion early after infection with Salmonella enteritidis in young chickens. Poultry Science, 83(1), 69-74.
93. Visek WJ. 1978. The role of growth promotion by antibiotics. Journal of Animal Science, 46: 1447-1469.
94. Wang J, Zhou H. 2007. Comparison of the effects of Chinese herbs, probiotics and prebiotics with those of antibiotics in diets on the performance of meat ducks. Poultry Feeds 16: 96-103.
95. Weber T y Kerr B. 2008. Effect of sodium butyrate on growth performance and response to lipopolysaccharide in weanlings pigs. Journal of animal science 86(2): 442-450.
96. Wegener H. 2005. Use of antimicrobial growth promoters in food animals: the risks outweigh the benefits. En: Antimicrobial Growth Promoters: Worldwide Ban in the Horizon? Bastiaanse Communication, Noordwijkaan Zee, the Netherlands. [Internet], [05 de abril 2015]. Disponible en: <http://www.bastiaanse->

communication.com/rua2014/boa_AGP.pdf

97. Ziegler T, Evasn M, Fernández E. 2003. Dietary supplementation with orotate and uracil increases adaptive growth jejunal mucosa after massive small bowel resection in rats/discussant/author's response. *Annu Rev Nutr* 23: 229-261.

IV. APÉNDICE

Anexo 1. Consumo de los componentes de la ración y consumo total de materia seca de cuyes suplementados con butirato de sodio y con Zn-Bacitracina.

	T1	T2	T3	T4	T5
CMS	Control	Zn- Bacitracina	Butirato de Sodio (ppm)		
			100	200	300
Concentrado (g)	2047.38	2185.13	2142.39	2199.03	2225.86
CV	0.17	0.09	0.11	0.05	0.09
Total (g)	4539.39	4638.47	4818.85	4808.72	4822.62
Desv. Est.	440.97	301.9	371.39	138.29	366.57
CV	0.1	0.07	0.08	0.03	0.08

Anexo 2. Resultado de la ganancia de peso de cuyes suplementados con tres niveles de BS y Zn-Bacitracina

	T1	T2	T3	T4	T5
	Control	Zn- Bacitracina	Butirato de Sodio (ppm)		
			100	200	300
GP (g)	657.35	674.84	699.8	707.55	715.55
Desv. Est.	53.82	22.90	104.97	74.79	92.99
CV	0.08	0.03	0.15	0.11	0.13

Anexo 3. Resultados del consumo total de MS, ganancia de peso e índice de conversión alimenticia calculados de cuyes suplementados con tres niveles de BS y Zn-Bacitracina.

	T1	T2	T3	T4	T5
	Control	Zn- Bacitracina	Butirato de Sodio (ppm)		
			100	200	300
CMS (g)	4539.39	4638.47	4818.85	4808.72	4822.62
GP (g)	657.35	674.84	699.8	707.55	715.55
ICA	6.91	6.88	7.00	6.86	6.82
Desv. Est.	0.34	0.5	0.93	0.66	0.87
CV	0.05	0.07	0.13	0.1	0.13